

являются определяющими факторами в отношении износа [13-14]. Таким образом, с помощью метода интенсивной пластической деформации возможно решение множества задач по реализации технологии изготовления легкосплавных бурильных труб с улучшенными характеристиками механических и антикоррозионных свойств, способных работать в условиях сложно-геологических и климатических условиях.

#### Литература.

1. Файн Г.М. Нефтяные трубы из легких сплавов. Недра, 1990. 224 с
2. Басович В.С., Гельфгат М.Я., Файн Г.М. Состояние и перспективы применения изделий из алюминиевых сплавов в нефтегазодобывающей отрасли // Бурение и нефть. 2003. №4.
3. Гельфгат М.Я., Басович Д.В., Буяновский И.Н., Вахрушев А.В. Алюминий вуместо стали: исключение баклинга при горизонтальном бурении.-Нефть и газ.- 06, 2007, с.42-48.
4. Шаммазов А.М., Ценев Н.К., Акчурин Х.И., Назарова М.Н., Исмаков Р.А., Лебедич С.П., Суханов В.Д., Чуудинов Б.А., Криштал М.М. Сверхмелкозернистые материалы и перспективы их использования в горном деле и трубопроводном транспорте//Горный вестник.-2000.-С.33-36.
5. Р.З. Валиев, О.А. Кайбышев, Р.И. Кузнецов, Р.Ш. Мусалимов, Н.К. Ценев. Низкотемпературная сверхпластичность металлических материалов. - ДАН СССР, 1988, т.301, № 4, с. 864-866.
6. R.Z. Valiev, N.K. Tsenev. Structure and superplasticity of Al-based submicron-grained alloys.- Hot deformation of aluminium alloys. Proceedings of a symposium by the non-ferrous Metals Committee of the Minerals, Metals and Materials Society, Detroit, Michigan, October 8-10, 1990, p. 319-329.
7. N.K. Tsenev. Grain Boundaries Structure and Mechanical properties of Aluminium Alloys.- Materials Science Forum, vol. 207-209, 1996, Intergranular and Interface Boundaries in Materials.
8. R.Z. Valiev, D.A. Salimonenko, N.K. Tsenev, P.B. Berbon, T.G. Langdon. Observations of High Strain Rate Superplasticity in Commercial Aluminum Alloys with Ultrafine Grain Sizes.-Scripta Materialia. v. 37, 1997, p.1945-1950.
9. Шакирова А.И., Исмаков Р.А., Аглиуллин А.Х. Комплексное изучение материалов алюминиевых бурильных труб// Томск: Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. – 2017. – Т.328. №2. – С. 95-103.
10. Конесев Г.В., Мулюков Р.А., Асфандиаров Л.Х., Иванов Г.Е., Гильмутдинов А.В., Калимуллин А.А., Акчурин Х.И., Истомин Н.Н., Лиштаков А.И., Галяутдинов А.А., Шерешовец В.В., Докичев В.А., Юнусов М.С., Султанов Р.М. Состав для защиты металлов от коррозии в минерализованных сероводородсодержащих водных средах// Патент на изобретение № 2176257 от 01.06.99, 7С 23F 11/10 В.
11. Конесев Г.В., Рахматуллина Г.В., Исмаков Р.А., Рахматуллин В.Р., Асфандиаров Л.Х., Нигматуллин И.Р., Пурин В.П. Улучшение антикоррозионных свойств буровых промысловых жидкостей// Казань: Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – 6 с.
12. Яхин А.Р. Улучшение триботехнических свойств буровых промысловых жидкостей применением добавок комплексного действия// Уфа: диссертация. –2015. – С. 44-47.
13. А.В. Макаров, Л.Г. Коршунов. Прочность и износостойкость нанокристаллических структур поверхностей трения сталей с мартенситной основой. Известия ВУЗов. Физика. 2004, №8, с. 65–80.
14. Z.B. Wang, N.R. Tao, S. Li, W. Wang, G. Liu, J. Lu, K. Lu. Effect of surface nanocrystallization on friction and wear properties in low carbon steel. Materials Science and Engineering: A. 2003, V. 352, No. 1–2, p. 144–149.

#### ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИНДУКЦИЕЙ 0.6ТЛ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА VT1-0

*В.В. Шляров, Д.В. Загуляев, к.т.н., доцент.*

*Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843) 74-23-30*

*E-mail: [shlyarov@mail.ru](mailto:shlyarov@mail.ru)*

**Аннотация:** Экспериментально изучено влияние постоянного магнитного поля (0,6 Тл) на микротвердость технически чистого титана марки VT1-0. Установлены зависимости изменения микротвердости титана от времени обработки магнитным полем. Получены зависимости начального эффекта влияния магнитного поля на титан марки VT1-0 от времени выдержки в магнитном поле.

**Abstract:** The effect of a constant magnetic field (0.6 T) on the microhardness of technically pure titanium of grade VT1-0 is studied experimentally. The dependences of the change in the microhardness of

titanium on the treatment time by the magnetic field are established. The dependences of the initial effect of the influence of the magnetic field on the titanium of grade VT1-0 on the holding time in a magnetic field are obtained.

В последние годы активно изучаются вопросы влияния электрических и магнитных полей на физические и механические свойства металлов. Первые упоминания о влиянии магнитного поля на материалы появилось достаточно давно [1]. Но в тоже время вопрос о возможном влиянии магнитного поля на пластические свойства немагнитных металлов долго не ставился.

Впервые магнитопластический эффект был обнаружен в 1987 г. группой ученых под руководством профессора Альшица В.И. Было установлено явление перемещения дислокаций под действием постоянного магнитного поля в кристаллах NaCl в отсутствии механических напряжений, которое в дальнейшем получило название магнитопластического эффекта. Последующие исследования в этой области показали, что магнитопластический эффект приводит к уменьшению микротвердости и внутреннего трения различных монокристаллических материалов [2]. Однако, влияние магнитного поля на пластические свойства поликристаллических металлов, обладающих парамагнитными свойствами, изучено недостаточно.

Научными коллективами было достаточно хорошо изучено влияние магнитных полей на деформационные характеристики поликристаллического алюминия и поликристаллической меди [3]. Однако отсутствуют экспериментальные данные по влиянию магнитных полей на физико-механические свойства любого другого диа- или парамагнитного металла. Именно поэтому в данной работе было принято решение использовать образцы из парамагнитного металла с большей температурой плавления, чем у алюминия. В качестве такого материала выступил технически чистый титан марки VT1-0. Представленная работа является продолжением исследований по установлению влияния слабых магнитных полей на деформационные характеристики поликристаллических, парамагнитных металлических материалов, для попытки установления механизмов участвующих в изменение механических свойств под воздействием магнитного поля.

Целью настоящей работы было изучить влияние слабого магнитного поля 0,6Тл на микротвердость поликристаллического технически чистого титана VT1-0. Химический состав, которого приведен ниже в таблице.

Таблица 1

Химический состав Ti марки VT-1-0

Fe	C	Si	N	Ti	O	H	Примесей
до 0,25	до 0,07	до 0,1	до 0,04	99,24 – 99,7	до 0,2	до 0,01	прочих 0,3

В работе использовали образцы имеющие размеры 0,4×1×1 см<sup>3</sup>. Пробоподготовка заключалась в отжиге при температуре 800 К в течении 2 часов с последующим охлаждением в печи необходимым для приведения структуры материала в однородное состояние. Затем производилась механическая обработка образцов с последующим доведением поверхности до зеркального блеска. После чего образцы химически травились раствором плавиковой кислоты, для проявления структуры материала. Измерение проводились по телу зерна. Средний размер зерен в исходном состоянии составлял 79,1 мкм. Фотография микроструктуры исследуемого титана марки VT1-0, полученная на оптическом микроскопе OLYMPUS GX51, представлена на рисунке 1.

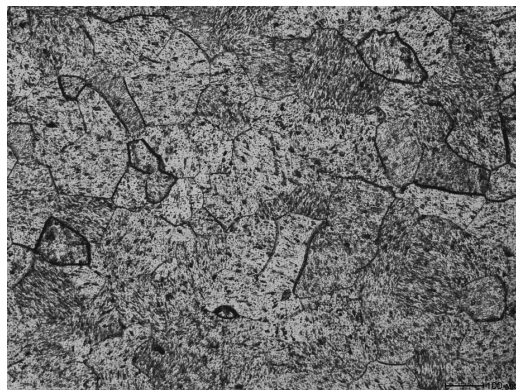


Рис. 1- Исходная структура технически чистого титана марки VT1-0

В ходе исследований было установлено, что воздействие магнитным полем 0,6 Тл приводит к снижению микротвердости технически чистого титана на 7-8%, с последующей ее релаксацией до исходного значения за время порядка 24 часов. Были получены релаксационные зависимости, пример данных зависимостей представлен на рисунке 2. Параметры обработки следующие: индукция магнитного поля 0,6Тл, время выдержки в поле (а)- 0,5 часа, (б)- 1 час.

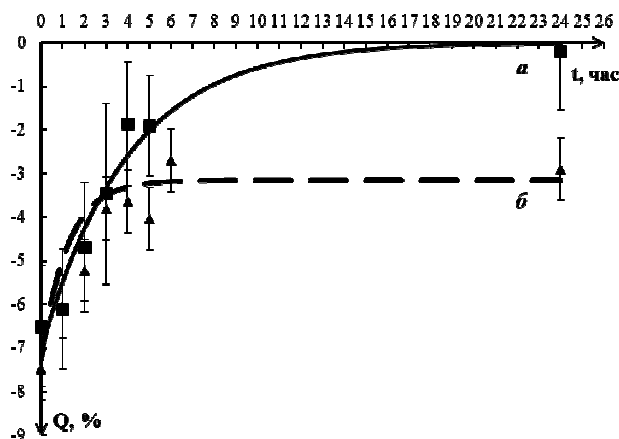


Рис. 2. Относительное изменение микротвердости титана после обработки магнитным полем 0,6Тл при различном времени выдержки в поле (а)- 0,5 часа, (б)- 1 час

В ходе исследований было выяснено, что время необходимое на стабилизацию образцов зависит от времени выдержки в магнитном поле. Видно, что увеличение времени выдержки в магнитном поле приводит к увеличению оставшегося после 24 часов эффекта влияния.

Начальный эффект (наблюдающийся сразу после экспозиции) влияния показывает, что снижение значения микротвердости технически чистого титана происходит по линейному закону. Также можно утверждать, что относительное снижение микротвердости зависит от времени выдержки в магнитном поле.

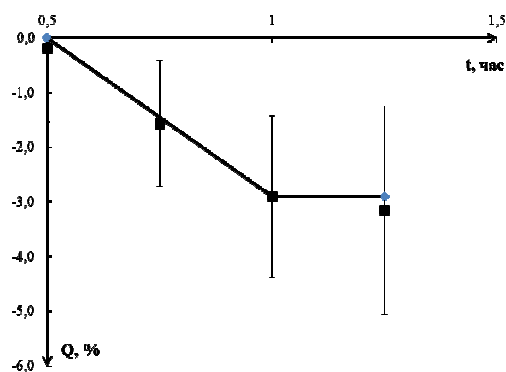


Рис. 3. Начальный эффект влияния магнитного поля 0,6 Тл на микротвердость титана

Наши коллективом было исследовано влияние слабого магнитного поля на микротвердость технически чистого титана ВТ1-0. Можно констатировать, что магнитное поле 0,6 Тл приводит к снижению микротвердости титана, а эффект влияния и время необходимое на стабилизацию образцов после их экспозиции из поля зависит от времени обработки в магнитном поле.

Литература.

1. Альшиц, В. И. Магнитопластический эффект: основные свойства и физические механизмы / В. И. Альшиц // Кристаллография. – 2003. – №5. – С. 826-854.
2. Головин, Ю.И. Магнитопластичность твердых тел (Обзор) / Ю. И. Головин // ФТТ. – 2004. – №5. – С. 769 – 803.
3. Загуляев, Д. В. Характер влияния импульсного магнитного поля на микротвердость алюминия / Д. В. Загуляев, С. В. Коновалов, М. В. Пономарева, В. Е. Громов, // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2010. – №1. – С. 32-35.

4. Альшиц В. И., Даринская Е. В., Колдаева М. В., Петржик Е. А. Анизотропия резонансной магнитопластичности кристаллов NaCl в магнитном поле Земли// ФТТ. 2013. Т. 55. №2. С. 318-325.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

А.П. Родзевич<sup>1</sup>, к.ф.-м.н.; Л.В. Кузьмина<sup>2</sup>, д.ф.-м.н., проф; Е.Г. Газенаур<sup>2</sup>, к.ф.-м.н., доц.  
<sup>1</sup>Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,  
<sup>2</sup>Кемеровский государственный университет  
632055, г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26, тел. (38451) 7-77-67  
E-mail: [nimez@rambler.ru](mailto:nimez@rambler.ru), [specproc@kemsu.ru](mailto:specproc@kemsu.ru)

**Аннотация:** экспериментально показана эффективность введения ферромагнитной примеси при кристаллизации азида серебра, которая оказывает влияние на скорость зарождения центров кристаллизации и скорость роста кристаллов в магнитном поле. Показана возможность получения образцов различной дисперсности в соответствии с поставленными задачами. Предполагается, что магнитное поле оказывает ориентационное действие на структурные элементы, имеющие магнитный момент, упорядочивая их относительно силовых линий.

**Abstract:** it is experimentally shown the effectiveness of the introduction of ferromagnetic impurities during the crystallization of silver azide, which has an effect on the rate of nucleation of crystallization centers and the rate of growth of crystals in a magnetic field. The possibility of obtaining samples with different dispersion in accordance with the tasks. It is assumed that the magnetic field has an orientation effect on structural elements with magnetic moment, arranging them relative to the lines of force.

В более ранних работах авторами были получены кристаллы азида серебра с полезными свойствами в результате проведения кристаллизации в магнитном поле. Способ выращивания в магнитном поле позволил управлять содержанием примесей в кристаллах азида серебра [1]. Также было показано, что выращенные в магнитном поле кристаллы являются более стабильными к некоторым видам энергетических воздействий.

Исследования влияния магнитного поля на кристаллизацию предполагают количественное описание процессов взаимодействия магнитного поля с водно-солевыми системами. Интерпретация результатов эксперимента возможна после исследования влияния магнитного поля на свойства и структуру воды; действие магнитного поля на ионы и влияние магнитного поля на водные системы через ферро – и парамагнитные коллоидные микрочастицы [2].

Обычно кристаллизацию рассматривают как процесс, состоящий из образования центров кристаллизации и последующего роста кристаллов из этих центров [3].

Для кристаллических структурных форм азида серебра в магнитном поле отмечено стремление к однотипности и ориентации в определенных кристаллографических направлениях. В магнитном поле определенной напряженности могут быть образованы мелкие кристаллические структуры, которые равномерно распределены по площади кристаллизатора.

В процессе кристаллизации азида серебра из водных растворов азид натрия и азотнокислого серебра со стороны магнитного поля действует ряд сил (магнитная составляющая силы Лоренца, сила внутреннего трения, момент сил, сила тяжести), которые изменяют поведение системы. Эффективность действия этих сил возможна, если они действуют на частицы или агрегаты, имеющие заряд, постоянный или наведённый магнитный момент [4]. Следовательно, можно предположить, что добавляя примесь с определенными магнитными свойствами, можно управлять процессом кристаллизации в магнитном поле.

Целью настоящей работы является исследование влияния примеси с различными магнитными свойствами на процесс кристаллизации азида серебра в магнитном поле. В качестве дополнительно введенной примеси использовали ионы свинца и железа.

Для получения качественной картины процесса образования центров кристаллизации и их роста использовали метод микрокристаллизации.

Метод состоял в следующем: каплю 0,2N раствора дважды перекристаллизованного азид калия помещали на предметное стекло и добавляли столько же раствора соли серебра, либо азид получали при быстром смешивании двух капель этих растворов. В готовый раствор добавляли 0.009 мл 6,48%  $\text{FeCl}_3(\text{OH})_n$ , либо раствор азотнокислого свинца. Предметное стекло располагали в магнитном поле, так, чтобы силовые линии были параллельны плоскости стекла. Из этих же растворов (без наложения магнитного поля) готовили образцы для сравнения. За процессом кристаллизации азид се-